

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 18 864 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 K 9/10**  
H 02 M 7/48

②1 Aktenzeichen: P 44 18 864.1  
②2 Anmeldetag: 30. 5. 94  
④3 Offenlegungstag: 7. 12. 95

DE 44 18 864 A 1

⑦1 Anmelder:  
Dalex - Werke Niepenberg GmbH & Co. KG, 57537  
Wissen, DE

⑦4 Vertreter:  
Manitz, Finsterwald & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:  
Schmidt, Klaus-P., 57584 Scheuerfeld, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

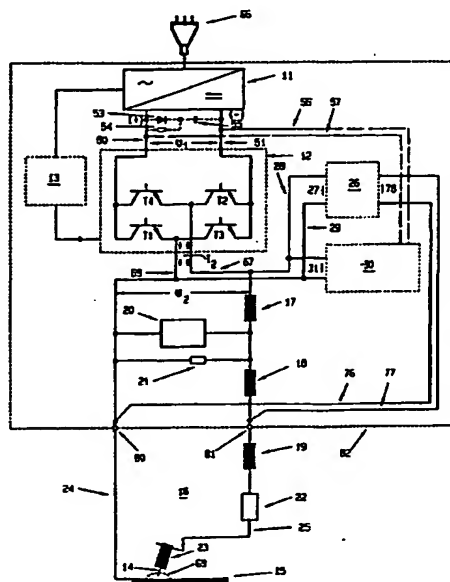
DE 40 37 348 C1  
DE 41 28 175 A1

Veritron-Stromgeräte der BBC Brown  
Boveri, 1975/76, Nr. D GHS 50 466 D, S. 11, 14;  
HABIGER, E.: Störschutzbeschaltungen für elektro-  
magnetisch betätigte Geräte - eine Literaturüber-  
sicht. In: Elektr. 27, 1973, H. 5, S. 266-268;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lichtbogenschweißgerät

⑤7 Ein Lichtbogenschweißgerät weist eine netzgespeiste Gleichstromquelle 11 auf, deren Ausgang 50, 51 an den Eingang eines vollgesteuerten Wechselrichters 12 angelegt ist. Der Wechselrichter 12 liefert eine Impulswechselspannung mit Totzeiten zwischen benachbarten Spannungsimpulsen an einen die Schweißelektrode 14, das Werkstück 15 und induktive Mittel 17, 18, 19 enthaltenden Schweißstromkreis 16. Der Ausgang des Wechselrichters 12 ist außerdem mit dem Triggereingang 27 eines Hochspannungs-Zündgerätes 26 verbunden, welches durch die Flanken der Ausgangsspannung des Wechselrichters 12 getriggert wird. An den Ausgang des Wechselrichters 12 ist der Eingang 31 einer Spannungsbegrenzungsschaltung 30 angeschlossen, deren Grenzspannung größer als die Ausgangsspannung  $U_2$  des Wechselrichters 12 und kleiner als die während der Totzeiten  $t_d$  auftretenden, durch die im Schweißstromkreis 16 enthaltenen induktiven Mittel 17, 18, 19 bedingten Induktionsspannungsspitzen ist.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 049/77

15/29

DE 44 18 864 A 1

Die Erfindung betrifft ein Lichtbogenschweißgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Gleichstromquelle ist vorzugsweise eine primär- oder sekundärgetaktete Inverterstromquelle, mit welcher z. B. eine dreiphasige 380 V-Netzspannung in eine Gleichspannung von z. B. 60 V umgewandelt werden kann.

Die vollgesteuerten Wechselrichter bestehen im wesentlichen aus vier elektronischen Leistungsschaltern (z. B. Schalttransistoren, Thyristoren bzw. IGBT's). Die elektronischen Leistungsschalter werden von einer Steuereinrichtung derart angesteuert, daß durch die am Wechselrichter angeschlossene Schweißelektrode ein Wechselstrom mit einer Frequenz von 10 bis 600 Hz fließen kann. Der vollgesteuerte Wechselrichter kann auch so angesteuert werden, daß durch die Ansteuerung nur eines diagonal angeordneten Wechselrichterzweiges anstelle des Wechselstromes ein pulsierender Gleichstrom mit vorgebbare Polarität durch die Schweißelektrode fließt. Weil im Schweißstromkreis in der Regel zusätzliche Induktivitäten vorhanden sind (z. B. Schweißdrosseln, Hochfrequenz-Sperrdrosseln für das berührungslose Zünden bzw. Wiederzünden eines WIG- bzw. TIG-Lichtbogens) bzw. Leitungsinduktivitäten vorhanden sind, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die elektronischen Leistungsschalter zu schützen, die Einhaltung der Spannungsgrenzwerte für das Arbeiten mit dem Lichtbogenschweißgerät unter erhöhter elektrischer Gefährdung entsprechend den Bestimmungen zu gewährleisten, die Triggerimpulse für die Ansteuerung eines Hochspannungszündgerätes für das berührungslose Zünden bzw. Wiederzünden eines WIG- bzw. TIG-Lichtbogens definiert abzuleiten sowie eine möglichst hohe Ausgangsspannung innerhalb der zulässigen Grenzen für das gute Wiederzünden des WIG- bzw. TIG-Lichtbogens während des Schweißens bereitzustellen.

Während der Umschaltphasen der wechselgerichteten Spannung entstehen Spannungsspitzen, die über den Zwischenkreisspannungen liegen, und zwar durch die von den im Schweißstromkreis enthaltenen Induktivitäten freigesetzten magnetischen Energien. Die Umschaltphasen entstehen beim Wechselstromschweißen durch den regelmäßigen Polaritätswechsel des Schweißstromes, der durch die Schweißelektrode fließt.

Die Umschaltphase soll nach Möglichkeit zeitlich sehr kurz gehalten werden, wird aber durch das Schaltverhalten der elektronischen Leistungsschalter und der parasitären Induktivitäten im Wechselrichter bestimmt. Aus Sicherheitsgründen wird daher zwischen den positiven und negativen Impulsen der wechselgerichteten Spannung eine Totzeit der Leitungsphasen der diagonal angesteuerten elektronischen Leistungsschalter des Wechselrichters vorgesehen. Durch diese Schaltungsmaßnahme kann der Schweißelektrode ein hoher Strom für den Schweißprozeß zur Verfügung gestellt werden.

Ein Problem bei derartigen Lichtbogenschweißgeräten besteht darin, daß die während der Totzeiten entstehenden induktiv bedingten Spannungsspitzen sehr hohe Werte erreichen können und im übrigen erheblichen Schwankungen ausgesetzt sind.

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein Lichtbogenschweißgerät der eingangs genannten Gattung zu schaffen, bei welchem die in den Totzeiten der vom Wechselrichter erzeugten wechselgerichteten Spannung auftretenden induktiv bedingten Spannungsspitzen be-

herrscht und insbesondere in bezug auf ihre Amplitude weitgehend voreinstellbar gemacht werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 vorgesehen.

Der Erfindungsgedanke ist also darin zu sehen, daß man die zur Wiedierzündung des Lichtbogens wichtigen Spannungsspitzen durch ein Hochspannungszündgerät erzeugt und die induktiv bedingten Spannungsspitzen auf einen festen Amplitudenwert begrenzt, wodurch im Schweißstromkreis auch während der Totzeiten definierte Spannungs- und Stromverhältnisse vorliegen. Erfindungsgemäß wird dabei die in den durch die Spannungsbegrenzungsschaltung weggeschnittenen Spannungsspitzen enthaltene Energie insbesondere in dem Strombegrenzungswiderstand in Wärme umgewandelt, bei einigen Ausführungsformen aber teilweise auch zurückgewonnen.

Eine erste besonders einfach zu realisierende Ausführungsform der Erfindung ist durch Anspruch 2 gekennzeichnet.

Eine weitere schaltungsmäßig vorteilhafte Ausführungsform ist im Anspruch 3 angegeben. Praktische Realisierungen dieses Ausführungsbeispiels entnimmt man Anspruch 4.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform ist gemäß Anspruch 5 ausgebildet.

In Anspruch 6 sind einige praktische Realisierungen der Ausführungsformen nach Anspruch 2 oder 5 angegeben.

Besonders vorteilhaft ist die Ausführungsform nach Anspruch 7, weil hierbei ein erheblicher Teil der in den Totzeiten erzeugten magnetischen Energie zur Aufladung eines Kondensators verwendet wird. Nur die nach voller Aufladung des Kondensators noch vorhandenen Energiespitzen werden noch während der Totzeiten in Widerständen in Wärme umgewandelt. Die im Kondensator gespeicherte Energie kann dann während des nächsten positiven oder negativen Impulses entweder über parallel bzw. in Reihe geschaltete Widerstände in Wärme umgewandelt oder bevorzugt nach Anspruch 8 in den Schweißstromkreis eingespeist werden.

Eine vorteilhafte praktische Realisierung der Ausführungsform nach Anspruch 8 ist durch Anspruch 9 gekennzeichnet.

Die Maßnahmen des Anspruches 10 ermöglichen die Energieumwandlung in Wärme über einen längeren Zeitraum.

Bevorzugte Parameter für die Grenzspannungen entnimmt man den Ansprüchen 11 und 12.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Anspruch 12 definiert. Eine Weiterbildung dieses Ausführungsbeispiels ist in Anspruch 14 angegeben.

Anspruch 15 definiert eine besonders vorteilhafte Kombination.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Grundauführung eines erfindungsgemäßen Lichtbogenschweißgerätes,

Fig. 2 drei praktische Ausführungsbeispiele a), b) bzw. c) für die Spannungsbegrenzungsschaltung nach Fig. 1,

Fig. 3 drei weitere Ausführungsbeispiele a), b) und c) der Spannungsbegrenzungsschaltung nach Fig. 1,

Fig. 4 zwei weitere Ausführungsbeispiele a) und b) der Spannungsbegrenzungsschaltung nach Fig. 1,

Fig. 5 eine spezielle Weiterbildung des Lichtbogenschweißgerätes nach Fig. 1, wobei die Gleichstromquel-

le, Steuerstufe und der Schweißstromkreis der Übersichtlichkeit halber weggelassen sind,

Fig. 6 eine Weiterbildung der Ausführungsform nach Fig. 2,

Fig. 7a eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lichtbogenschweißgerätes, wobei die Gleichstromquelle, die Steuerstufe und der Schweißstromkreis der Einfachheit halber nicht dargestellt sind,

Fig. 7b eine Weiterbildung der Ausführungsform nach Fig. 7a,

Fig. 8a ein Strom-Zeitdiagramm der am Ausgang der Gleichstromquelle anstehenden Gleichspannung,

Fig. 8b in ausgezogenen Linien ein Spannungs-Zeitdiagramm der von den Schalttransistoren erzeugten Rechteckspannung am Ausgang des Wechselrichters 12 nach Fig. 1 und in gestrichelten Linien ein Strom-Zeitdiagramm des Stromverlaufs  $I_2$  am Ausgang des Wechselrichters 12 des erfindungsgemäßen Lichtbogenschweißgerätes und

Fig. 8c ein Spannungs-Zeitdiagramm der Spannung  $U_2$  am Ausgang des Wechselrichters des erfindungsgemäßen Lichtbogenschweißgerätes.

Nach Fig. 1 ist mittels eines Netzsteckers 66 eine als primär- oder sekundärgetakteter Inverter ausgebildete Gleichstromquelle 11 an das Netz angeschlossen. Sie liefert auf ihre beiden Ausgangsleitungen 50, 51 eine Gleichspannung  $U_1$  von z. B. 60 V. Der positive Pol liegt an der Ausgangsleitung 50, der negative an der Ausgangsleitung 51.

An die Leitungen 50, 51 ist ein Wechselrichter 12 angeschlossen, der aus vier in Brückenschaltung angeordneten Leistungsschalttransistoren  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  besteht. Es kann sich hier um vier bipolare Schalttransistoren (NPN) handeln. Zum genauen Aufbau des Wechselrichters 12 wird auf das Buch von Joel Redoutey "Grundlagen für die Entwicklung eines Schaltnetztes für den Betrieb am 380 V-Netz" verwiesen. Eine von der Gleichstromquelle 11 gespeiste Steuerstufe 12 steuert die Basen der vier Transistoren  $T_1$  bis  $T_4$  abwechselnd paarweise derart an, daß an den Ausgangsleitungen 67, 68 eine in Fig. 8b in ausgezogenen Linien wiedergegebene Rechteckspannung  $U_A$  entstehen würde, wenn keine induktiven Rückwirkungen aus den weiter unten beschriebenen induktiven Bauelementen 17, 18, 19 auftreten würden. Zwischen jedem positiven Impuls (+) und jedem negativen Impuls (-) sieht die Steuerstufe 13 eine Totzeit  $t_d$  vor, deren Größenordnung im Bereich von 250 bis 350  $\mu$ s liegt. Sinn dieser Totzeit ist es, daß die Leitphasen benachbarter Leistungsschalttransistoren deutlich entkoppelt sind. Die Totzeiten  $t_d$  haben die Folge, daß aufgrund der induktiven Bauelemente 17, 18, 19 des Schweißstromkreises der Strom  $I_2$  am Ausgang des Wechselrichters 12 prinzipiell den in Fig. 8b gestrichelt wiedergegebenen Verlauf annimmt.

Die Ausgangsleitungen 67, 68 des Wechselrichters 12 speisen einen Schweißstromkreis 16 mit dem Impulsstrom. Die Ausgangsleitung 67 ist mit der Serienschaltung einer Schweißdrossel 17 und einer Hochfrequenz-Sperrdrossel 18 verbunden, die über eine bei 19 zusammengefaßt veranschaulichte Leitungsinduktivität und bei 22 zusammengefaßt veranschaulichte Leitungswiderstände aufweisende Anschlußleitung 25 mit dem die Schweißelektrode 14 tragenden Schweißelektrodenhalter 23 elektrisch leitend verbunden ist. Die Schweißelektrode 14 ist gegenüber einem zu schweißenden Werkstück 15 dargestellt. Der Schweißlichtbogen ist bei 70 angedeutet.

Das Werkstück 15 ist über eine Anschlußleitung 24

mit der Ausgangsleitung 68 des Wechselrichters 12 verbunden. Zwischen der elektrischen Verbindung von Schweißdrossel 17 und Hochfrequenz-Sperrdrossel 18 einerseits und der Anschlußleitung 24 andererseits ist ein Hochfrequenzschutz 20 angeordnet, welcher z. B. durch ein RC-Glied realisiert sein kann. Parallel dazu ist ein Grundlastwiderstand 21 angeordnet, der z. B. einen Wert von ca. 50 oder 100 Ohm haben kann.

An die Ausgangsleitungen 67, 68 des Wechselrichters 12 ist über Triggerleitungen 28, 29 weiter ein Hochspannungs-Zündgerät 26 mit einem Spannungseingang 27 und mit einem Spannungsausgang 78, der über Hochspannungszündleitungen 76, 77 an die Ausgangsklemmen 80, 81 des Lichtbogenschweißgerätes 82 angelegt ist, angeschlossen. Das Hochspannungs-Zündgerät 26 wird durch die Flanken der Impulsspannung  $U_2$  am Ausgang des Wechselrichters 12 getriggert und beim Auftreten jeder Spannungsflanke zur Abgabe eines Zündspannungsimpulses auf die Hochspannungszündleitungen 76, 77 veranlaßt.

Die Einspeisung der Hochspannungszündimpulse über die Hochspannungszündleitungen 76, 77 kann aber auch parallel zur Hochfrequenz-Sperrdrossel 18 erfolgen. Da die Hochfrequenz-Sperrdrossel 18 die Hochspannungszündimpulse elektrisch nicht kurzschließt, also für die Hochspannungszündimpulse hochohmig ist, werden die Hochspannungszündimpulse über den Grundlastwiderstand 21 und die Anschlußleitung 24 einerseits und über die Leitungsinduktivität 19, die Leitungswiderstände 22 und die Anschlußleitung 25 andererseits dem Schweißlichtbogen 69 zur Verfügung gestellt.

Eine weitere Einspeisungsmöglichkeit für die Hochspannungszündimpulse über die Hochspannungszündleitungen 76, 77 besteht darin, daß sie transformatorisch über die Hochspannungs-Sperrdrossel 18, welche in diesem Fall aus einer Primär- und Sekundärspule besteht, eingespeist werden. Auf diese Weise wird die Hochspannungs-Sperrdrossel 18 zum elektrischen Übertrager. Das Verhältnis des Übertragers (Hochspannungs-Sperrdrossel 18) ist in der Regel 1 : 12, d. h. über eine Windung (Primärspule) wird der Zündimpulsstrom eingepreßt und durch die Sekundärspule wird ein Hochspannungszündimpuls erzeugt. Der Hochspannungszündimpuls wird dann über den Grundlastwiderstand 21 und die Anschlußleitung 24 einerseits und über die Leitungsinduktivität 19, die Leitungswiderstände 22 und die Anschlußleitung 25 andererseits an den Schweißlichtbogen 69 angelegt.

Aufgrund der Hochspannungs-Sperrdrossel 18 liegen die Hochspannungszündimpulse des Hochspannungszündgerätes 26 nur am Lichtbogen 69 an und wirken nicht auf die Ausgangsleitungen 67, 68 des Wechselrichters 12 zurück.

Das Hochspannungszündgerät 26 wird also durch die Flanken der Ausgangsspannung des Wechselrichters 11 getriggert. Dadurch wird das Hochspannungszündgerät 26 veranlaßt, die zulässigen Spannungsimpulse abzugeben, die bei einer Nenn-Spitzenspannung von maximal 1000 V maximal 10  $\mu$ s, bei einer Nenn-Spitzenspannung von maximal 5000 V maximal 5  $\mu$ s und bei einer Nenn-Spitzenspannung von maximal 10 000 V maximal 2,5  $\mu$ s lang sein dürfen.

Weiter ist an die Ausgangsleitungen 67, 68 eine erfindungsgemäße Spannungsbegrenzungsschaltung 30 mit einem zweipoligen Eingang 31 angeschlossen.

Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches in Fig. 1 nur angedeutet ist und weiter unten an-

hand von Fig. 5 im einzelnen beschrieben wird, ist die Spannungsbegrenzungsschaltung 30 über Leitungen 56, 57 mit der positiven bzw. negativen Ausgangsleitung 50 bzw. 51 der Gleichstromquelle 11 verbunden. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zwischen den Ausgangsleitungen 50, 51 der Gleichstromquelle 11 die Serienschaltung einer in Durchlaßrichtung gepolten, einen parallelgeschalteten Widerstand 54 aufweisenden Diode 53 und eines Kondensators 55 angeordnet.

In den folgenden Figuren bezeichnen gleiche Bezugszahlen entsprechende Bauelemente wie in Fig. 1.

Nach Fig. 2 ist im Innern der Spannungsbegrenzungsschaltung 30 an den Eingang 31 eine Gleichrichterbrücke 32 angeschlossen, deren Ausgang nach dem Ausführungsbeispiel a) mit der Serienschaltung eines Strombegrenzungswiderstandes 33 und einer monopolen Zenerdiode 34 verbunden.

Bei dem Ausführungsbeispiel b) in Fig. 2 tritt an die Stelle der Zenerdiode 34 ein als Überspannungsschutzdiode geschalteter monopolarer Selengleichrichter 35.

Statt der Zenerdiode 34 kann nach der Ausführungsform c) mit dem Strombegrenzungswiderstand 33 an den Ausgang des Gleichrichters 32 auch ein Varistor 36 angeschlossen werden. In Reihe mit dem Varistor 36 kann in der gestrichelt angedeuteten Weise ein in Durchlaßrichtung gepolter Gleichrichter 74 geschaltet sein.

Die Arbeitsweise der anhand der Fig. 1 und 2 beschriebenen Schaltung ist wie folgt:

Nach dem Einschalten der Gleichstromquelle 11 liefert diese eine konstante Ausgangsspannung  $U_1$  gemäß dem Diagramm nach Fig. 8a. Diese wird durch den von der Steuerstufe 13 angesteuerten Wechselrichter 12 zu einer Rechteckspannung  $U_A$  bzw. zu einem Impuls-Wechselstrom  $I_2$  gemäß Fig. 8b zerhackt. Die zwischen den einzelnen benachbarten Impulsen vorgesehenen Totzeiten  $t_d$  dienen der Entkopplung der jeweils nacheinander eingeschalteten Schalttransistorpaare  $T_1, T_2$  bzw.  $T_3, T_4$ .

Während der Totzeiten  $t_d$  entladen sich die in den Induktivitäten 17, 18, 19 gespeicherten magnetischen Energien, welche zu Spannungsspitzen 70 führen, die in dem Spannungs-Zeitdiagramm der Ausgangsspannung  $U_2$  nach Fig. 8c angedeutet sind. Diese Spannungsspitzen sind durch den in Fig. 8b bei 71 gestrichelt angedeuteten abfallenden Strom bedingt, der durch das während der Totzeiten  $t_d$  in den Induktivitäten zusammenbrechende Magnetfeld hervorgerufen wird.

Die Spannung  $U_2$  wird in der Strombegrenzungsschaltung 30 nach Fig. 2 in einer Gleichrichterbrücke 32 gleichgerichtet und dann durch die Zenerdiode 34 oder den Selengleichrichter 35 oder den Varistor 36 auf einen vorbestimmten Maximalwert begrenzt. Die überschüssige Energie wird insbesondere im Strombegrenzungswiderstand 33 in Wärme umgewandelt.

Die Grenzspannungen der Zenerdiode 34, des Selengleichrichters 35 oder des Varistors 36 sind derart gewählt, daß die von der Spannungsbegrenzungsschaltung 30 insgesamt zur Verfügung gestellte Spannungsbegrenzung oberhalb der am Eingang des Wechselrichters 12 anstehenden Gleichspannung  $U_1$ , aber deutlich unterhalb der durch die Induktivitäten 17, 18, 19 bedingten maximalen Spannungsspitzen liegt. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß im Schweißstromkreis 16 am Beginn jedes neuen Impulses zwar eine ausreichend hohe Wiederzündspannung zur Verfügung steht, gleichzeitig aber diese Wiederzündspannung auf einen eindeutigen und reproduzierbaren Wert begrenzt ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist auf die

Gleichrichterbrücke 32 nach Fig. 2 verzichtet; stattdessen ist der Strombegrenzungswiderstand 33 unmittelbar an den einen Pol des Einganges 31 angeschlossen. Er kann wahlweise über eine bipolare Zenerdiode 34 (a), einen als Überspannungsschutzdiode geschalteten, bipolaren Selengleichrichter 38 (b) oder einen Varistor 36 (c) mit dem zweiten Pol des Einganges 31 verbunden sein.

Die Diode 34, der Selengleichrichter 38 bzw. der Varistor 36 gewährleisten in beiden Stromflußrichtungen einen Stromfluß ab einer bestimmten Überspannung auf den Leitungen 67, 68.

Nach Fig. 4 ist an den Eingang 31 der Spannungsbegrenzungsschaltung 30 nach dem Ausführungsbeispiel a) die Reihenschaltung einer Gleichrichterdiode 39, eines Strombegrenzungswiderstandes 41 und eines Varistors 43 angeschlossen. Dieser Serienschaltung ist die Serienschaltung einer entgegengesetzt gepolten Gleichrichterdiode 40, eines weiteren Strombegrenzungswiderstandes 42 und eines weiteren Varistors 44 parallelgeschaltet.

Normalerweise sollen die beiden Varistoren 43, 44 die gleiche Grenzspannung aufweisen. Sie können — falls dies erwünscht sein sollte — aber auch mit unterschiedlichen Grenzspannungen ausgestattet sein.

Das Ausführungsbeispiel b) nach Fig. 4 unterscheidet sich von demjenigen nach Fig. 4a) dadurch, daß an die Stelle der Strombegrenzungswiderstände 41, 42 jeweils ein RC-Glied 46, 45 bzw. 48, 47 getreten ist. Sobald einer der Varistoren 43, 44 bei entsprechender Überspannung leitend wird, wird zunächst der Kondensator 45 bzw. 47 aufgeladen; erst danach kommt es zu einem substantiellen Stromfluß durch die Widerstände 46 bzw. 48. Diese Vorgänge spielen sich innerhalb der Totzeit  $t_d$  (Fig. 8b) ab. Während des anschließenden positiven Impulses (+) bzw. negativen Impulses (—) kann sich dann der aufgeladene Kondensator 45 bzw. 47 über den zugeordneten Widerstand 46 bzw. 48 entladen. Die Umwandlung der während der Totzeiten  $t_d$  freigesetzten magnetischen Energie in Wärme wird so über einen längeren Zeitraum verteilt.

Die Ausführungsform nach Fig. 5 entspricht hinsichtlich der Spannungsbegrenzung am Ausgang 67, 68 des Wechselrichters 12 dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2c).

Zusätzlich ist jedoch — wie das auch in Fig. 1 strichpunktiert angedeutet ist — zwischen die Ausgangsleitungen 50, 51 der Gleichstromquelle 11 die Reihenschaltung einer in Durchlaßrichtung gepolten und einem Widerstand 54 parallelgeschalteten Diode 53 und eines Kondensators 55 angeordnet. Der negative Pol der Gleichrichterbrücke 32 ist über eine Leitung 57 mit dem negativen Pol der Gleichstromquelle 11 bzw. mit der Ausgangsleitung 51 verbunden.

Die elektrische Verbindung 49 zwischen dem mit dem positiven Pol der Gleichrichterbrücke 32 verbundenen Strombegrenzungswiderstand 33 und dem Varistor 36 ist über einen weiteren Varistor 52 und eine Leitung 56 mit der positiven Ausgangsleitung 50 der Gleichstromquelle 11 verbunden.

Die Grenzspannung des Varistors 52 liegt deutlich niedriger als die des Varistors 36.

Die Grenzspannung des Varistors 52 kann z. B. bei 40 bis 50 V liegen, während die des Varistors 36 150 bis 200 V betragen soll.

Aufgrund dieser Ausbildung ist die Funktion des Ausführungsbeispiels nach Fig. 5 wie folgt:

Während der Totzeiten  $t_d$  (Fig. 8b) bedingen die in-

duktiven Spannungsspitzen über die Gleichrichterbrücke 32 und den Strombegrenzungswiderstand 33 sowie den Varistor 52 einen Strom über die Leitungen 56, 57 und die Diode 53 in den Kondensator 55, welcher dadurch aufgeladen wird. Voraussetzung ist, daß die Ausgangsspannung der Gleichrichterbrücke 32 so hoch ist, daß die Grenzspannung des Varistors 52, welche wiederum höher als die Gleichspannung  $U_1$  sein muß, überschritten wird. Sobald nun der Kondensator 55 voll aufgeladen ist, ist der Stromfluß über die Leitungen 56, 57 beendet, und die Spannung an der elektrischen Verbindung 49 steigt an, bis die Grenzspannung des Varistors 36 überschritten wird. Nunmehr fließt aus dem Ausgang des Gleichrichters 32 ein Strom über den Strombegrenzungswiderstand 33 und den Varistor 36, welcher im Strombegrenzungswiderstand 33 in Wärme umgewandelt wird.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 hat den Vorteil, daß ein großer Teil der in den Totzeiten freiwerdenden induktiven Energie im Kondensator 55 gespeichert wird und während des anschließenden Spannungsimpulses über den Widerstand 54 in den Wechselrichter 12 mit eingespeist wird, so daß diese Energie abgesehen von den Verlusten im Widerstand 54 für den Schweißvorgang genutzt wird.

Die einzelnen Spannungswerte der beschriebenen Schaltung können beispielsweise wie folgt sein:  
Ausgangsspannung  $U_1$  der Gleichstromquelle 11: 60 V  
Begrenzungsspannung des Varistors 52: 40 V  
Begrenzungsspannung des Varistors 36: 110 V.

Auf diese Weise wird die maximale Spannung am Ausgang des Wechselrichters 12 auf 110 V begrenzt.

Die Spannung am Ausgang der Gleichrichterbrücke 32 wird also z. B. bei Erreichen einer maximal zulässigen Spannung von 110 V an ihrem Ausgang durch das Spannungsbegrenzungselement 36 begrenzt. Die Ausgangsspannung des Brückengleichrichters 32 ist die gleichgerichtete Spannung  $U_2$ .

Die Ausführungsform nach Fig. 6 entspricht weitgehend der nach Fig. 2c), wobei jedoch parallel zu der Serienschaltung der in Durchlaßrichtung gepolten Diode 74 und des Varistors 36 die Serienschaltung einer weiteren in Durchlaßrichtung gepolten Diode 75, eines Varistors 52 und eines RC-Gliedes geschaltet ist, das aus einem Widerstand 72 und einem parallel geschalteten Kondensator 73 besteht. Wesentlich ist, daß die Grenzspannung des zweiten Varistors 52 geringer als die des ersten Varistors 36 ist.

Auf diese Weise wird während einer Totzeit  $t_1$  zunächst die Grenzspannung des Varistors 52 überschritten, wodurch es zur Aufladung des Kondensators 73 kommt. Erst wenn der Kondensator 73 voll aufgeladen ist, wird auch die Grenzspannung des ersten Varistors 36 überschritten, worauf nur noch ein Stromfluß durch den Strombegrenzungswiderstand 33, die Diode 74 und den Varistor 36 stattfindet. Nach Abschluß der Totzeit  $t_1$ , d. h. beim nächsten positiven Impuls (+) bzw. negativen Impuls (-) (Fig. 8b) entlädt sich dann der Kondensator 73 über den Widerstand 72, so daß auch die im Kondensator 73 aufgespeicherte Energie in Wärme umgewandelt wird.

Die Ausführungsform nach Fig. 6 hat also den Vorteil, daß die Energieumwandlung in Wärme praktisch annähernd über die Zeit einer Halbwelle der Impuls-Wechselspannung verteilt werden kann.

Nach Fig. 7a ist an die Ausgangsleitungen 67, 68 des Wechselrichters 12 der Eingang 31 einer Spannungsbegrenzungsschaltung 30 angelegt sein, welche wie folgt

geschaltet ist:

Die von der Ausgangsleitung 67 beaufschlagte Eingangsklemme 83 der Strombegrenzungsschaltung 30 liegt an zwei entgegengesetzt parallelgeschalteten Dioden 58, 59, die jeweils mit einer von zwei Sekundärwicklungen 60 bzw. 61 eines Transformators 62 in Reihe geschaltet sind. Die anderen beiden Anschlüsse der Primärwicklungen 60, 61 liegen gemeinsam an einem aus einem Kondensator 63 und einem Widerstand 64 bestehenden RC-Glied, dem ein Varistor 36 folgt, welcher seinerseits mit dem mit der Ausgangsleitung 68 verbundenen Eingangsklemme 84 der Strombegrenzungsschaltung 30 verbunden ist.

Die Sekundärwicklung 65 des Transformators 62 liegt am Eingang eines Brückengleichrichters 32, dessen beiden Ausgangsklemmen mit einem Strombegrenzungswiderstand 33 verbunden sind.

Auf diese Weise werden während der Totzeiten  $t_1$  (Fig. 8b) auftretenden positiven und negativen Spannungsspitzen bei Überschreitung der Grenzspannung des Varistors 36 entweder über die Primärwicklung 60 oder die Primärwicklung 61 geleitet und durch den Transformator 62 sowie die Gleichrichterbrücke 32 in einen Gleichstrom umgewandelt, der im Strombegrenzungswiderstand 33 in Wärme umgewandelt wird. Die in den unerwünschten Spannungsspitzen enthaltene Energie wird also auch bei diesem Ausführungsbeispiel in Wärme umgewandelt.

Um wenigstens einen Teil der in den induktiv bedingten Spannungsspitzen enthaltenen Energie wiederzugewinnen, kann die Schaltung nach Fig. 7a gemäß Fig. 7b abgewandelt werden. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 7a ist der negative Pol des Brückengleichrichters 32 ggf. über einen Widerstand 85 an die Ausgangsleitung 51 der Gleichstromquelle 11 angelegt, während ihr positiver Pol über einen Widerstand 86 mit der positiven Ausgangsleitung 50 verbunden ist. Zwischen die Ausgangsleitungen 50, 51 ist analog dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 die Reihenschaltung einer Parallelschaltung einer in Durchlaßrichtung gepolten Diode 53 mit einem Widerstand 54 und eines Kondensators 55 geschaltet.

Auf diese Weise lädt der Brückengleichrichter 32 nach dem Leitendwerden des Varistors 36 über die Widerstände 85, 86 den Kondensator 55 auf. Sobald der Kondensator 55 aufgeladen ist, fließt immer noch ein Strom über die Primärwicklungen 60, 61, den Widerstand 64 und den Varistor 36, so daß auch jetzt noch eine Spannungsbegrenzung durch Energieverbrauch insbesondere im Widerstand 64 gegeben ist.

#### Bezugszeichenliste

- 11 Gleichstromquelle
- 12 Wechselrichter
- 13 Steuerstufe
- 14 Schweißelektrode
- 15 Werkstück
- 16 Schweißstromkreis
- 17 Schweißdrossel
- 18 Hochfrequenz-Sperrdrossel
- 19 Leitungsinduktivität
- 20 Hochfrequenzschutz
- 21 Grundlastwiderstand
- 22 Leitungswiderstände
- 23 Schweißelektrodenhalter
- 24 Anschlußleitung
- 25 Anschlußleitung

26 Hochspannungszündgerät  
 27 Spannungseingang  
 28 Triggerleitung  
 29 Triggerleitung  
 30 Spannungsbegrenzungsschaltung  
 31 Eingang  
 32 Brückengleichrichter  
 33 Strombegrenzungswiderstand  
 34 monopolare Zenerdiode  
 35 monopolarer Selengleichrichter  
 36 Varistor  
 37 bipolare Zenerdiode  
 38 bipolarer Selengleichrichter  
 39 Gleichrichterdiode  
 40 Gleichrichterdiode  
 41 Strombegrenzungswiderstand  
 42 Strombegrenzungswiderstand  
 43 Varistor  
 44 Varistor  
 45 Kondensator  
 46 Entladewiderstand  
 47 Kondensator  
 48 Entladewiderstand  
 49 Verbindung  
 50 positive Ausgangsleitung  
 51 negative Ausgangsleitung  
 52 Spannungsbegrenzungselement  
 53 Gleichrichter  
 54 Widerstand  
 55 Kondensator  
 56 Verbindungsleitung  
 57 Verbindungsleitung  
 58 Diode  
 59 Diode  
 60 Primärwicklung  
 61 Primärwicklung  
 62 Transformator  
 63 Kondensator  
 64 Widerstand  
 65 Sekundärwicklung  
 66 Netzstecker  
 67 Ausgangsleitung  
 68 Ausgangsleitung  
 69 Schweißlichtbogen  
 70 Spannungsspitze  
 71 Stromabfall  
 72 Widerstand  
 73 Kondensator  
 74 Gleichrichter  
 75 Gleichrichter  
 76 Hochspannungszündleitung  
 77 Hochspannungszündleitung  
 78 Spannungsausgang  
 79  
 80 Ausgangsklemme  
 81 Ausgangsklemme  
 82 Lichtbogenschweißgerät  
 83 Eingangsklemme  
 84 Eingangsklemme  
 85 Widerstand  
 86 Widerstand

#### Patentansprüche

1. Lichtbogenschweißgerät mit einer netzgespeisten Gleichstromquelle (11), deren eine Gleichspannung ( $U_1$ ) führende Ausgang am Eingang eines voll gesteuerten Wechselrichters (12) anliegt, des-

sen Ausgang eine Impulsspannung ( $U_A$ ) mit Totzeiten ( $t_t$ ) zwischen benachbarten Spannungsimpulsen (+, -) an einen die Schweißelektrode (14), das Werkstück (15) und induktive Mittel (17, 18, 19) enthaltenden Schweißstromkreis (16) liefert und außerdem mit dem Triggereingang (27) eines Hochspannungs-Zündgerätes (26) verbunden ist, welches durch die Flanken der Ausgangsspannung ( $U_2$ ) des Wechselrichters (12) getriggert wird und den Schweißstromkreis (16) mit Zündimpulsen beliefert, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang des Wechselrichters (12) der Eingang (31) einer Spannungsbegrenzungsschaltung (30) angeschlossen ist, deren Grenzspannung größer als die Ausgangsspannung ( $U_2$ ) des Wechselrichters (12) und kleiner als die während der Totzeiten ( $t_t$ ) auftretenden, durch die im Schweißstromkreis (16) enthaltenen induktiven und gegebenenfalls auch kapazitiven Mittel (17, 18, 19) bedingten Induktions- bzw. Entladungsspannungsspitzen ist.

2. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsbegrenzungsschaltung (30) einen an ihrem Eingang (31) anliegenden Brückengleichrichter (32) umfaßt, an dessen Ausgang über einen Strombegrenzungswiderstand (33) wenigstens ein erst bei Überschreiten der Grenzspannung stromleitendes, vorzugsweise monopolarer Spannungsbegrenzungselement (34, 35, 36) angeschlossen ist (Fig. 2).

3. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsbegrenzungsschaltung (30) eine an ihrem Eingang (31) anliegende Serienschaltung bestehend aus einem Strombegrenzungswiderstand (33) und wenigstens einem bipolaren, erst bei Überschreiten der Grenzspannung stromleitenden Spannungsbegrenzungselement (36, 37, 38) besteht (Fig. 3).

4. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das bipolare Spannungsbegrenzungselement ist:  
 ein Varistor (36) und/oder  
 eine bipolare Zenerdiode (37) und/oder  
 ein als Überspannungsschutzdiode geschalteter bipolarer Selengleichrichter (38).

5. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsbegrenzungsschaltung (30) zwei am Eingang (31) anliegende, entgegengesetzt gepolte Serienschaltungen jeweils bestehend aus einer Gleichrichterdiode (39, 40), einem Strombegrenzungswiderstand (41, 42) oder einem R-C-Glied (45, 46; 47, 48) sowie einem vorzugsweise monopolarer Spannungsbegrenzungselement (33, 44) umfaßt (Fig. 4).

6. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das erst bei Überschreiten der Grenzspannung stromleitende Spannungsbegrenzungselement ist:  
 eine monopolare Zenerdiode (34) und/oder  
 ein als Überspannungsschutzdiode geschalteter monopolarer Selengleichrichter (35) und/oder  
 ein Varistor (36, 43, 44).

7. Lichtbogenschweißgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil der in den Totzeiten ( $t_t$ ) erzeugten magnetischen Energie zunächst in einem Kondensator (45, 47, 55, 63, 63', 73) gespeichert und erst nach Ende der Totzeit durch Widerstände (46, 48, 54, 64, 64', 72) in Wärme umgewandelt und/oder



dem Schweißstromkreis (16) wieder zugeführt wird.

8. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 1, 2 oder 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der positiven Ausgangsleitung (50) und der negativen Ausgangsleitung (51) der Gleichstromquelle (11) die Serienschaltung eines in Durchlaßrichtung gepolten, mit einem Widerstand (54) parallelgeschalteten Gleichrichters (53) und eines Kondensators (55) geschaltet ist und daß Mittel (52) vorgesehen sind, die während der Totzeiten ( $t_d$ ) mittels der dabei entstehenden Induktionsströme den Kondensator (55) aufladen, bevor die Spannungsbegrenzungsschaltung (30) anspricht.

9. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 2 und 8 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Strombegrenzungswiderstand (33) und dem Spannungsbegrenzungselement (34, 35, 36) vorhandene elektrische Verbindungsleitung (49) und die positive Ausgangsleitung (50) der Gleichstromquelle (11) ein weiteres Spannungsbegrenzungselement (52) geschaltet ist, dessen Grenzspannung kleiner als die des ersten Spannungsbegrenzungselementes (34, 35, 36) ist.

10. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 2 oder 8 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu dem Spannungsbegrenzungselement (36) die Serienschaltung eines weiteren Spannungsbegrenzungselementes (52) mit niedrigerer Grenzspannung und eines RC-Gliedes (72, 73) geschaltet ist (Fig. 6).

11. Lichtbogenschweißgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Spannungsbegrenzungselement (36) eine Grenzspannung von 150 bis 250 V, insbesondere etwa 200 V aufweist.

12. Lichtbogenschweißgerät nach einem der Ansprüche 9 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Spannungsbegrenzungselement (52) eine Grenzspannung von 20 bis 70 V, vorzugsweise 30 bis 60 V und insbesondere 40 bis 50 V aufweist.

13. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 1 oder 7 dadurch gekennzeichnet, daß der Eingang (31) der Spannungsbegrenzungsschaltung (30) an die Serienschaltung zweier entgegengesetzt Parallelschalteter Dioden (58, 59) und mit diesem in Reihe geschalteten Primärwicklungen (60, 61) eines Transformators (62) sowie eines eventuell mit einem Kondensator (63) parallelgeschalteten Widerstandes (64) und eines die Grenzspannung bestimmenden bipolaren Spannungsbegrenzungselementes, insbesondere eines Varistors (36) angeschlossen ist und eine Sekundärwicklung (65) des Transformators (62) vorzugsweise über eine Gleichrichterbrücke (32) an einen Strombegrenzungswiderstand (33, 71) angelegt ist.

14. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, daß der Stromkreis des Strombegrenzungswiderstandes (33) direkt über den Brückengleichrichter (32) bzw. die Sekundärwicklung (65) geschlossen ist.

15. Lichtbogenschweißgerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Brückengleichrichter (32) über einen oder zwei Strombegrenzungswiderstände (85, 86) an die Ausgangsleitungen (50, 51) der Gleichstromquelle (11) angeschlossen ist, zwischen denen auch die Serienschaltung aus einer mit einem Widerstand (54) parallel geschalteten Diode

(53) und einem Kondensator (55) liegt.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

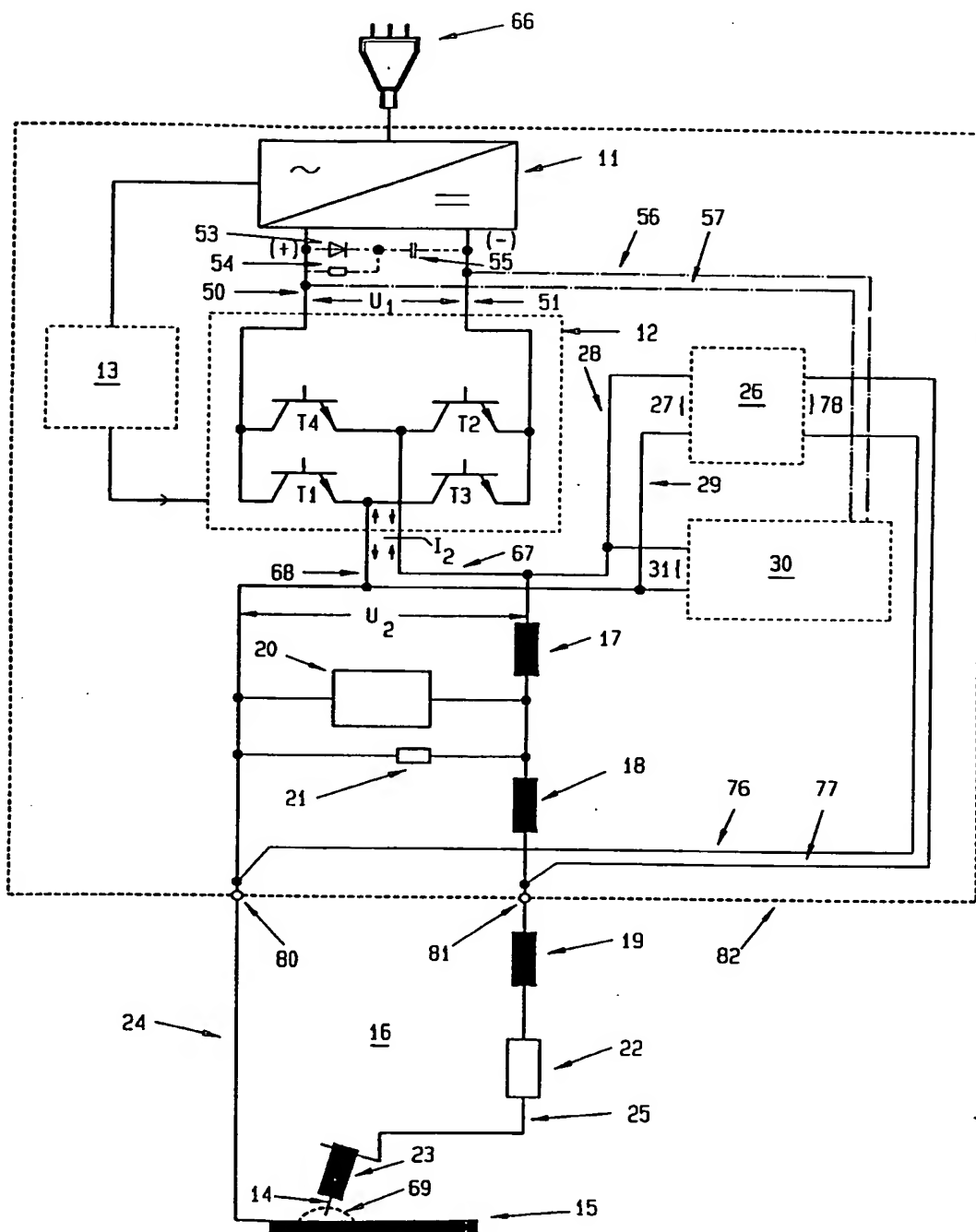




Fig.2

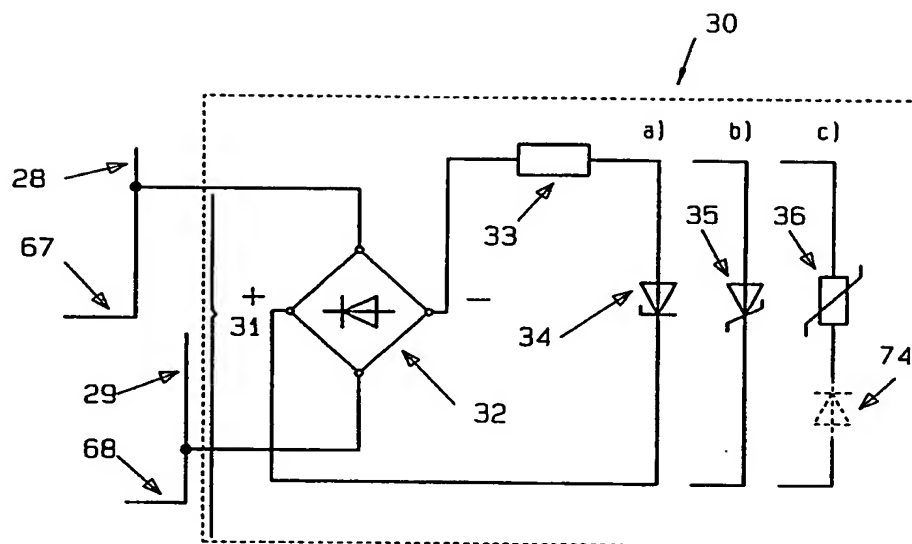


Fig.3

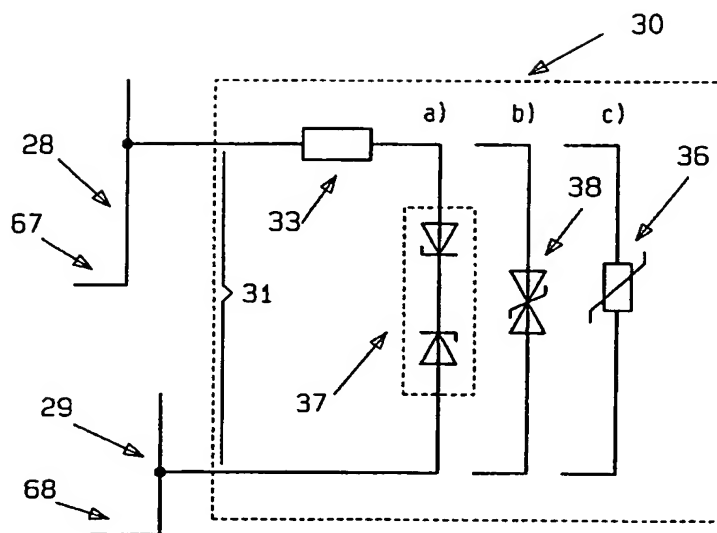


Fig. 4

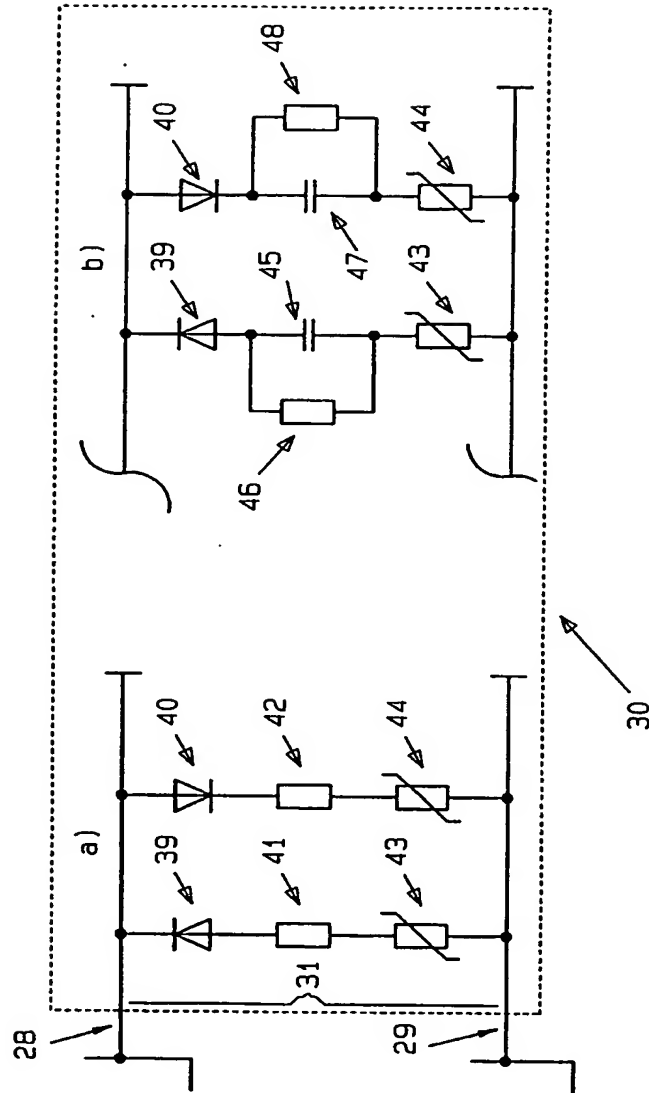


Fig. 5

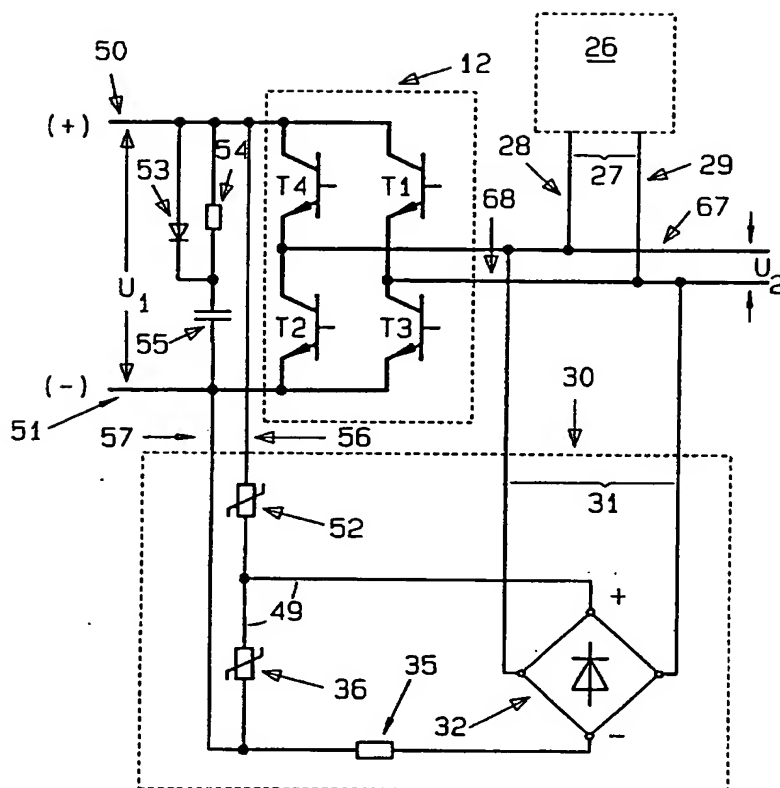


Fig.6

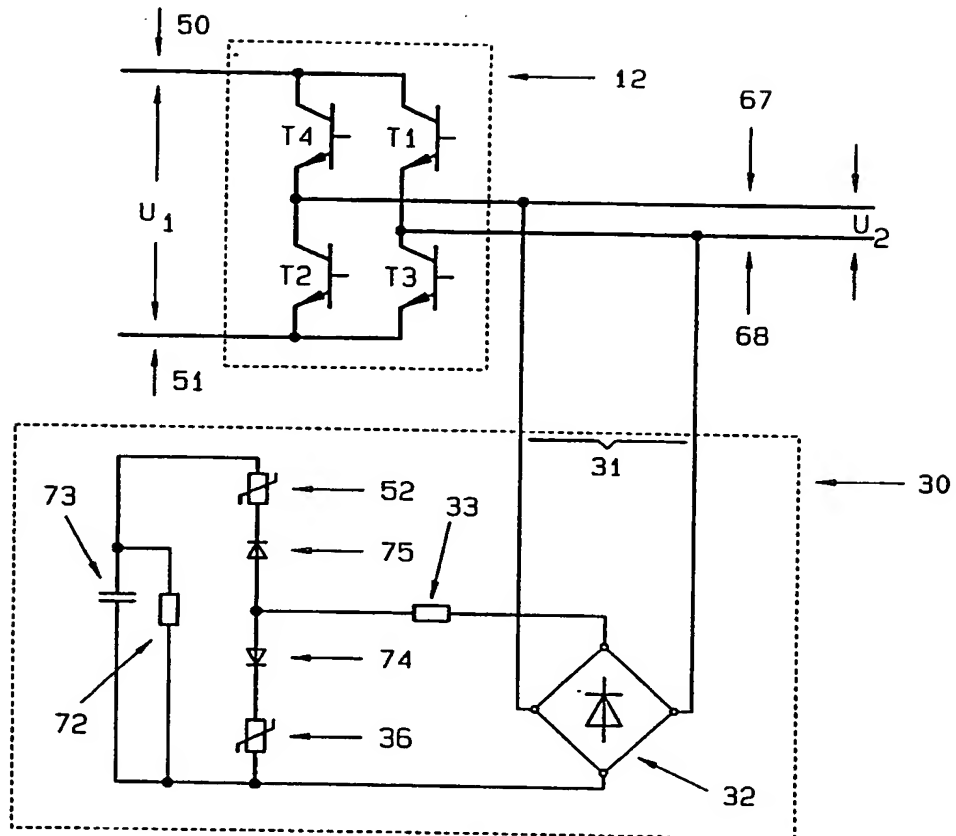


Fig. 7a

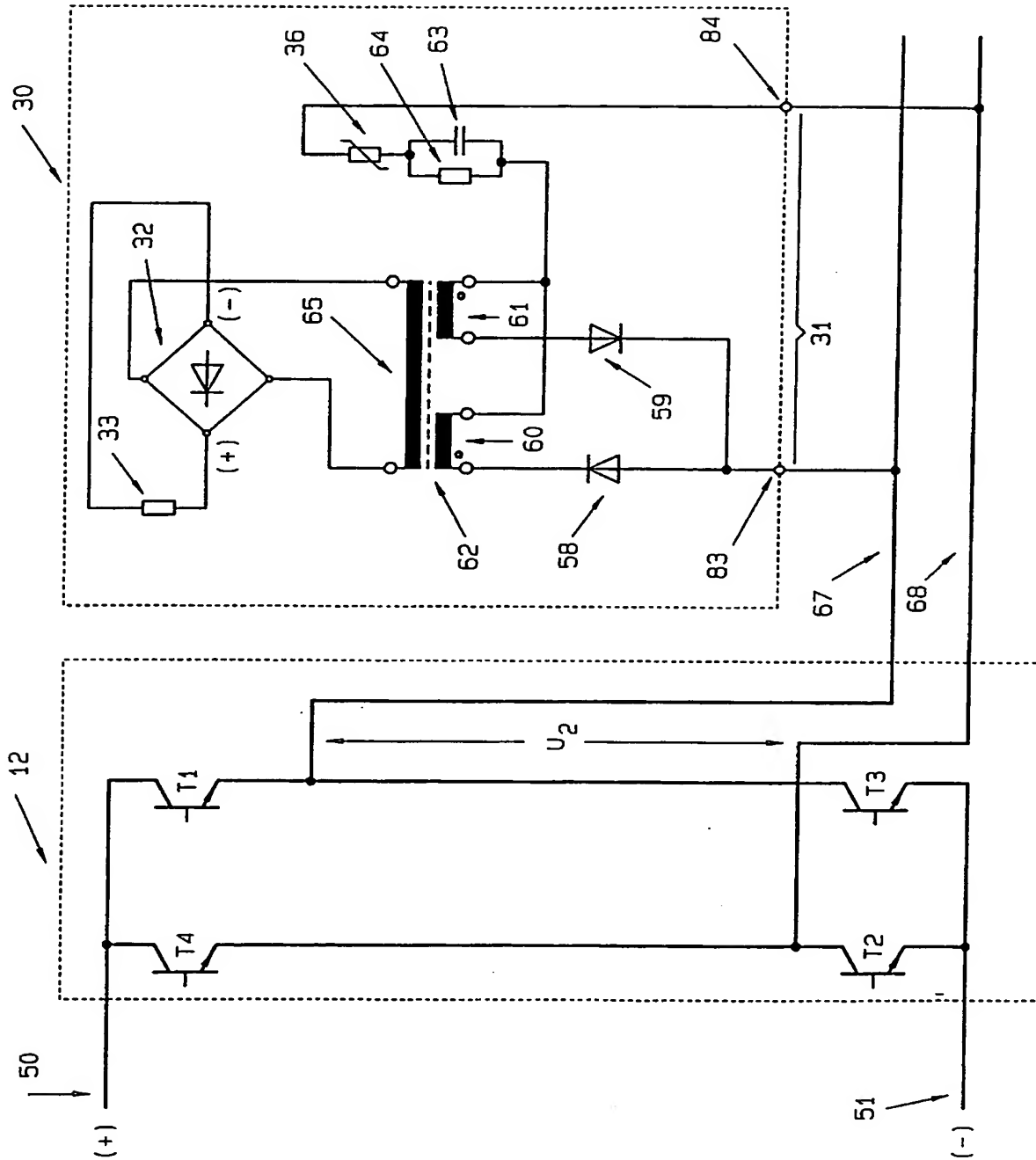


Fig. 7b

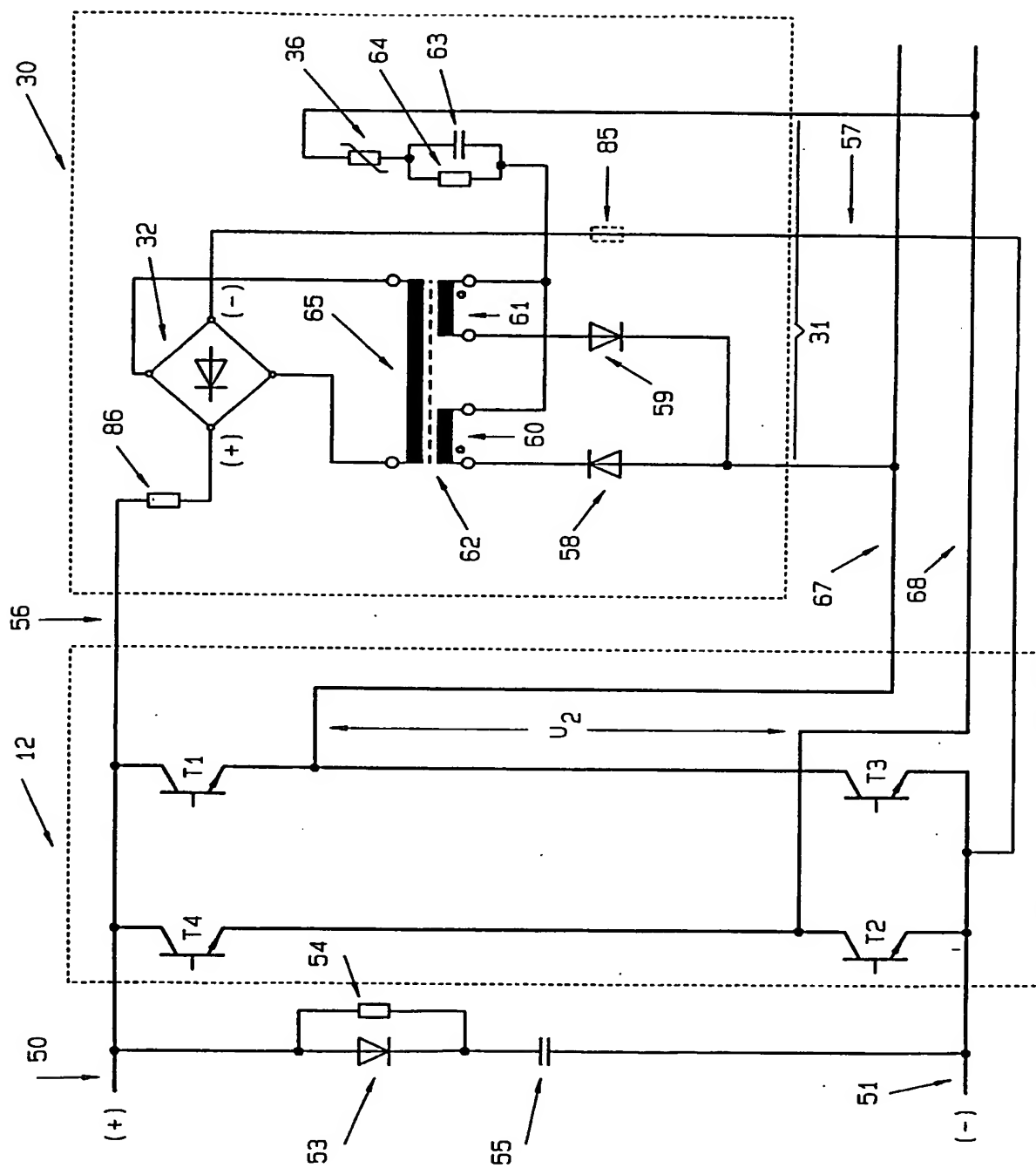




Fig. 8a

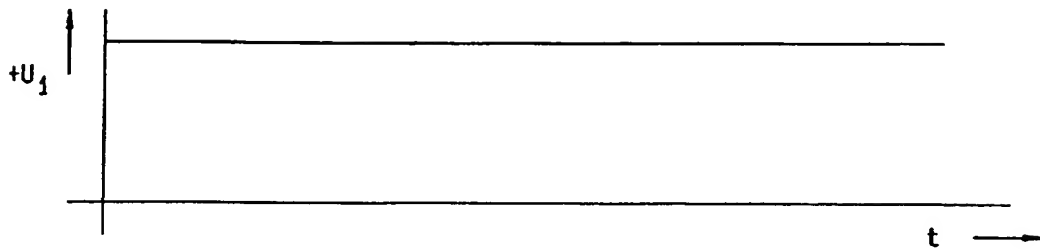


Fig. 8b

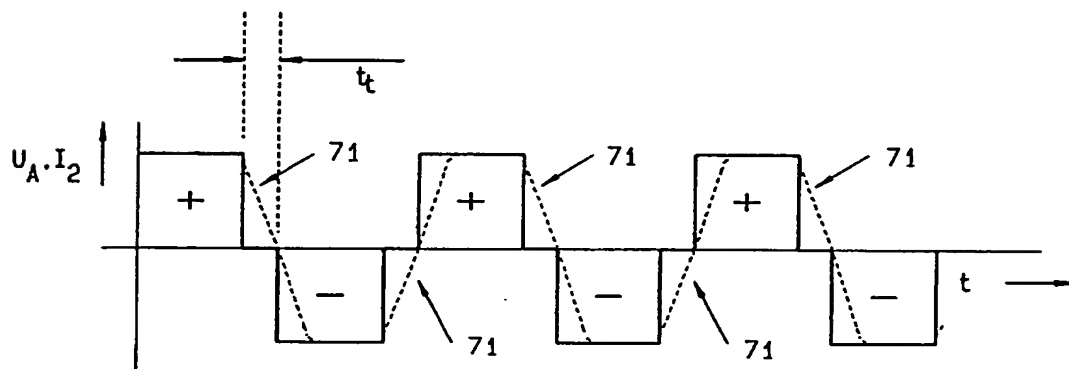


Fig. 8c

